

第 9 章 :2 自由度制御系

9.1 フィードフォワードとフィードバックの役割

キーワード : フィードフォワード, フィードバック

学習目標 : フィードフォワードとフィードバックのそれぞれの役割を理解する。

9.2 自由度制御系

9.1 フィードフォワードとフィードバックの役割

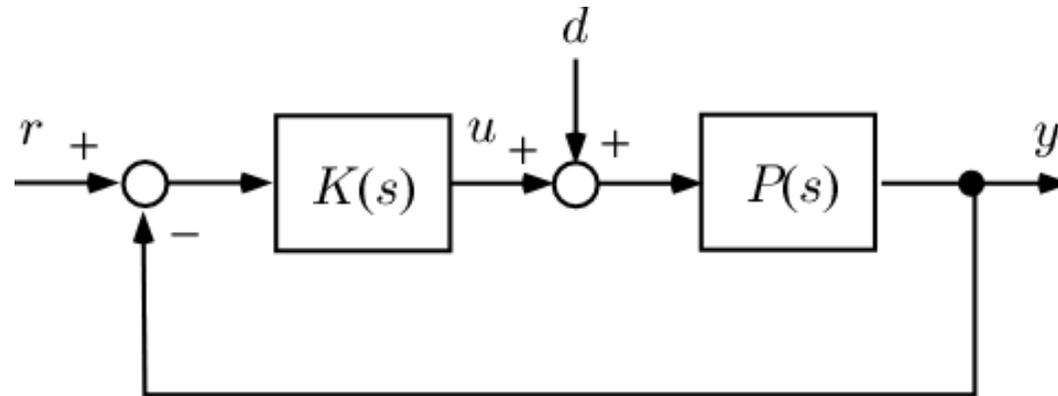


図 9.1 フィードバック制御系

フィードバックの利点

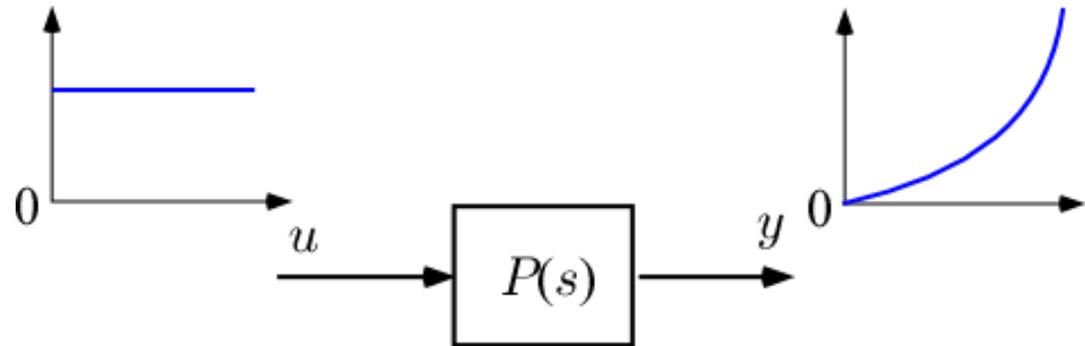
- 外乱の影響を抑制
- 特性変動の影響を低減
- 不安定系を安定化
- 目標値応答の整形？

[例 9.1]

制御対象

$$P(s) = \frac{1}{s-1}$$

極: 1 **不安定**



コントローラ

$$K(s) = \frac{4s+6}{s} = 4 + \frac{6}{s} \quad \text{PI補償}$$

閉ループ系の安定性

内部安定性

$$\phi(s) = (s-1)s + (4s+6) = s^2 + 3s + 6$$

$$\phi(s) = 0 \quad \text{の解} \quad \frac{-3 \pm j\sqrt{15}}{2} \quad \text{安定} \quad \text{c. 不安定系を安定化}$$

r から y への伝達関数

$$\frac{PK}{1+PK} = \frac{\frac{1}{s-1} \frac{4s+6}{s}}{1 + \frac{1}{s-1} \frac{4s+6}{s}} = \frac{4s+6}{s(s-1) + 4s+6} = \frac{4s+6}{s^2+3s+6}$$

$$\text{極: } s^2 + 3s + 6 = 0 \Rightarrow \frac{-3 \pm j\sqrt{15}}{2}$$

実部が負 \Rightarrow 安定

虚部が存在 \Rightarrow 振動する

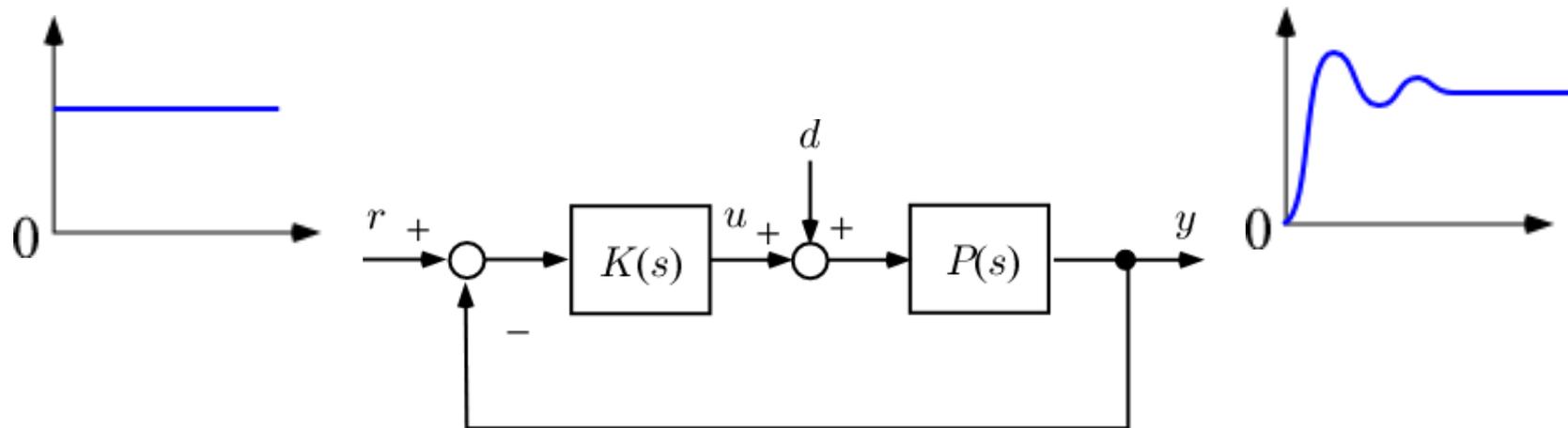


図 9.1 フィードバック制御系

d から y への伝達関数

$$y = P(d - Ky)$$

$$(1 + PK)y = Pd$$

$$y = \frac{P}{1 + PK}d = \frac{\frac{1}{s-1}}{1 + \frac{1}{s-1} \frac{4s+6}{s}}d$$
$$= \frac{s}{s^2 + 3s + 6}d$$

実部が負 \Rightarrow 安定

虚部が存在 \Rightarrow 振動する

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{s}{s^2 + 3s + 6} \frac{1}{s} = 0$$

a: 外乱の影響を抑制

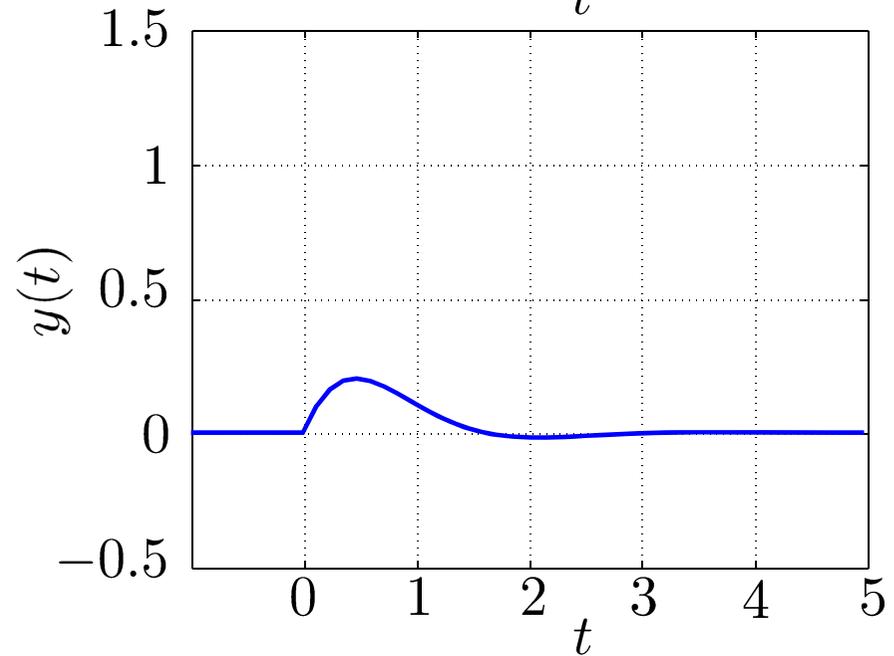
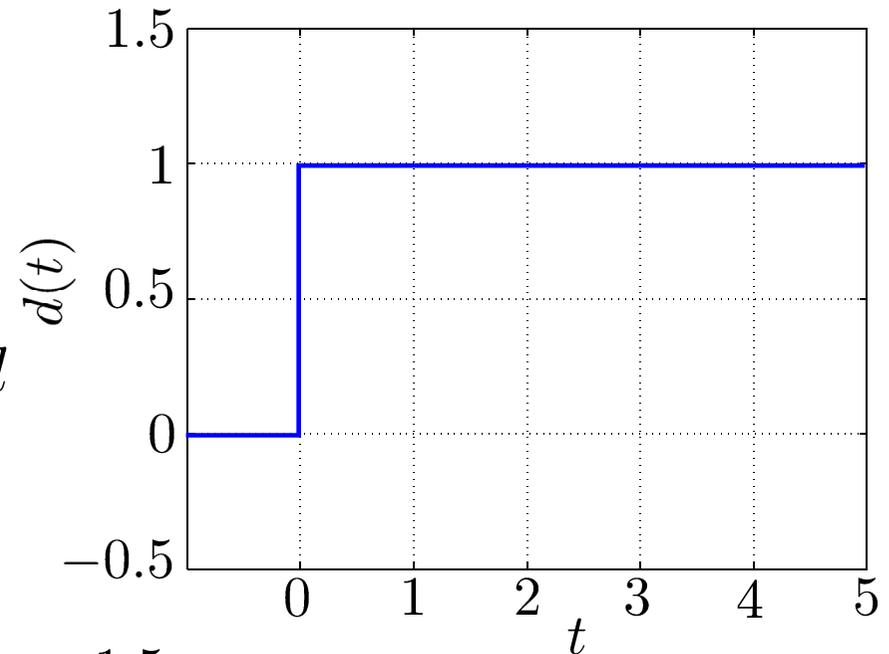


図 9.2 (a) ステップ外乱応答

$$P \rightarrow \tilde{P}(s) = \frac{20}{(s-1)(s+20)} \quad \text{変動}$$

$$\begin{aligned} \frac{PK}{1+PK} &= \frac{\frac{20}{(s-1)(s+20)} \frac{4s+6}{s}}{1 + \frac{20}{(s-1)(s+20)} \frac{4s+6}{s}} = \frac{20(4s+6)}{s(s-1)(s+20) + 20(4s+6)} \\ &= \frac{20(4s+6)}{s^3 + 19s^2 + 60s + 120} \end{aligned}$$

$$s^3 + 19s^2 + 60s + 120 = 0 \quad \text{の解}$$

$$-15.6, \quad -1.6 \pm j2.2$$

b. 特性変動の影響を低減

しかし

オーバーシュートが大きい

$K(s)$ は r を情報として使わず
 $e = r - y$ のみ用いている!!

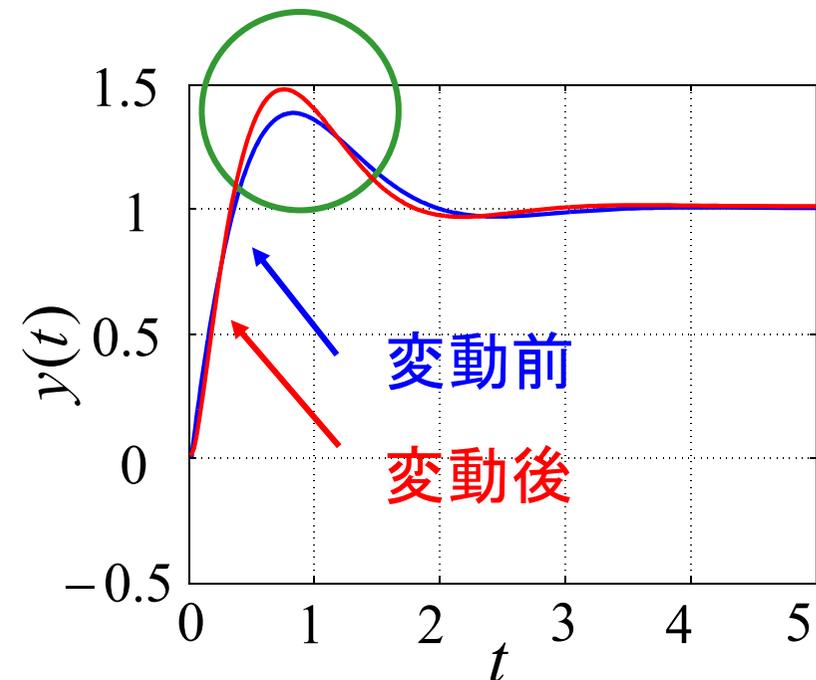


図 9.2 (b) 目標値応答 ($r = 1$) 6

フィードフォワードの利点

$G_M(s)$: 望ましい目標値応答を有するモデル伝達関数

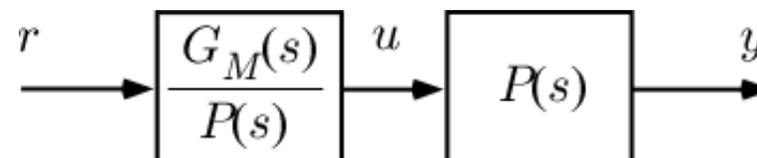


図 9.3 フィードフォワード制御系

$$u(s) = \frac{G_M(s)}{P(s)} r(s) \quad : \quad r \text{ のみ用いる}$$

$$\therefore y(s) = G_M(s)r(s)$$

d: 目標値応答の整形 OK

a. 外乱の影響を抑制

b. 特性変動の影響を低減

c. 不安定系を安定化

NG

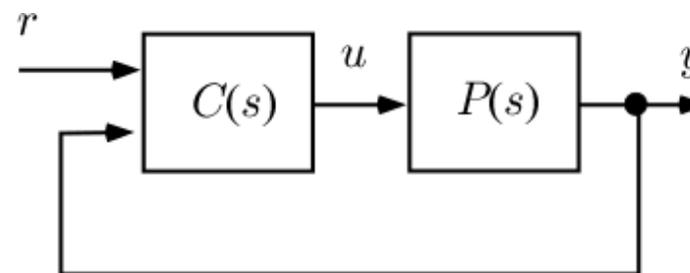


図 9.4 2自由度制御系 (一般系)

➡ 2 自由度制御系へ

第9章 :2 自由度制御系

9.1 フィードフォワードとフィードバックの役割

キーワード : フィードフォワード, フィードバック

学習目標 : フィードフォワードとフィードバックのそれぞれの役割を理解する。